

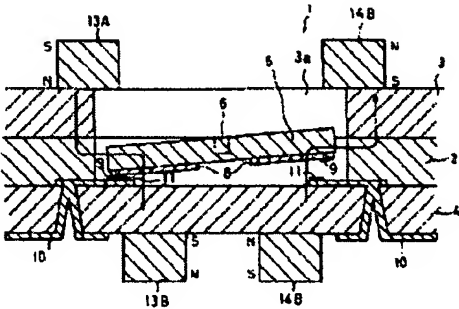
PLANER ELECTROMAGNETIC RELAY AND MANUFACTURE THEREOF

Publication number: JP7176255
Publication date: 1995-07-14
Inventor: ASADA NORIHIRO; ESASHIMASAKI
Applicant: NIPPON SIGNAL CO LTD; ESASHIMASAKI
Classification:
- **International:** H01H49/00; B81B3/00; B81C1/00; H01H50/00; H01H51/22; H01H51/24; H01H1/20; H01H49/00; B81B3/00; B81C1/00; H01H50/00; H01H51/22; H01H1/12; (IPC 1-7): H01H51/24; H01H49/00
- **European:** H01H50/00C
Application number: JP19930320525 19931220
Priority number(s): JP19930320525 19931220

Also published as:
EP0685864 (A1)
WO9517760 (A1)
US5872496 (A1)
EP0685864 (A4)
EP0685864 (B1)

Report a data error here

Abstract of JP7176255
PURPOSE:To attain thinning and miniaturization of an electromagnetic relay. **CONSTITUTION:**On a silicon substrate 2, a flat plate-shaped movable plate 5 and a torsion bar 6 of swivelably journaling the movable plate 5 are integrally formed. A flat coil 7 for generating a magnetic field by carrying a current is provided in an upper surface peripheral edge part of the movable plate 5, and a movable contact 9 is provided in a lower surface side. Further, glass substrates 3, 4 are provided in upper/lower surfaces of the silicon substrate 2, and fixed contact 11 capable of coming into contact with the movable contact 9 is provided in the lower side glass substrate 3. Further in this constitution, permanent magnets 13A, 13B and 14A, 14B for making a magnetic field act in the plane coil are fixed to a prescribed position of the glass substrates 3, 4. This electromagnetic relay is manufactured by a process of manufacturing a semiconductor element.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-176255

(43) 公開日 平成7年(1995)7月14日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 H 51/24
49/00

識別記号

B
J

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平5-320525

(22) 出願日 平成5年(1993)12月20日

(71) 出願人 000004651

日本信号株式会社
東京都千代田区丸の内3丁目3番1号

(71) 出願人 000167989

江刺 正喜
宮城県仙台市太白区八木山南1丁目11番地
9

(72) 発明者 浅田 規裕

埼玉県浦和市上木崎1丁目13番8号 日本
信号株式会社与野事業所内

(72) 発明者 江刺 正喜

宮城県仙台市太白区八木山南1-11-9

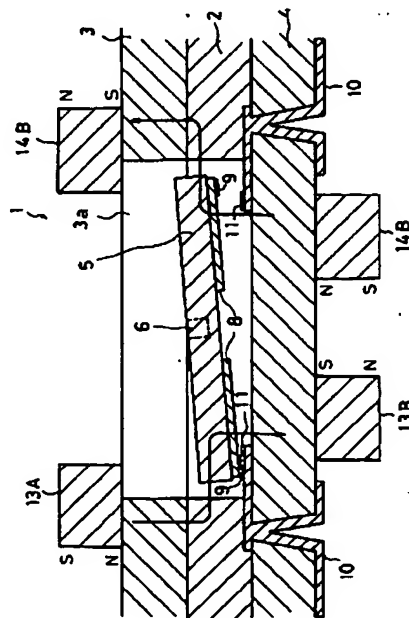
(74) 代理人 弁理士 笹島 富二雄

(54) 【発明の名称】 プレーナー型電磁リレー及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】電磁リレーの薄型化及び小型化を図ることを目的とする。

【構成】シリコン基板2に、平板状の可動板5と該可動板5を揺動可能に軸支するトーションバー6とを一体形成する。前記可動板5の上面周縁部に通電により磁界を発生する平面コイル7を設け、下面側に可動接点9を設ける。更に、シリコン基板2の上下面にガラス基板3、4を設け、下側ガラス基板3には、前記可動接点9と接触可能な固定接点11を設ける。更に、ガラス基板3、4の所定位置に、平面コイルに磁界を作用させる永久磁石13A、13B及び14A、14Bを固定する構成とする。また、この電磁リレーを半導体素子の製造プロセスによって製造する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板に、平板状の可動板と該可動板を半導体基板に対して基板上下方向に揺動可能に軸支するトーションバーとを一体形成し、前記可動板の上面周縁部に通電により磁界を発生する平面コイルを敷設すると共に下面側に可動接点部を設ける一方、半導体基板の下面に前記可動板の接点部に対応する位置に固定接点部を設けた下側絶縁基板を設け、半導体基板の上面には少なくとも可動板上方を開放した上側絶縁基板を設け、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺の平面

コイル部に磁界を作用させる互いに対をなす永久磁石を前記上下絶縁基板に固定する構成としたことを特徴とするプレーナー型電磁リレー。

【請求項2】半導体基板に、平板状の可動板と該可動板を半導体基板に対して基板上下方向に揺動可能に軸支するトーションバーとを一体形成し、前記可動板の上面周縁部に永久磁石を設けると共に下面側に可動接点部を設ける一方、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺側方の半導体基板部分に、通電により磁界を発生する平面コイルを設け、半導体基板の下面に前記可動板の接点部に対応する位置に固定接点部を設けた下側絶縁基板を設け、半導体基板の上側には少なくとも可動板上方を開放した上側絶縁基板を設ける構成としたことを特徴とするプレーナー型電磁リレー。

【請求項3】前記上側絶縁基板の開放部を閉塞し、上下絶縁基板と半導体基板とで囲まれる可動板収納空間を真空状態とする構成とした請求項1又は2記載のプレーナー型電磁リレー。

【請求項4】半導体基板のトーションバー形成部分を除いて基板の下面から上面に向けて異方性エッチングより貫通させて前記トーションバー部分で半導体基板に揺動可能に軸支される可動板を形成する工程と、可動板上面周囲に電解めっきにより平面コイルを形成する工程と、可動板下面側に可動接点部を形成する工程と、下側絶縁基板の上面に前記可動接点部に接離可能な固定接点部を形成する工程と、半導体基板の上下面に陽極接合により下面絶縁基板と少なくとも可動板上方部分を開放した上面絶縁基板とを固定する工程と、トーションバー軸方向と平行な可動板の対辺に対応する上面絶縁基板部分と下面絶縁基板部分に永久磁石を固定する工程とからなるプレーナー型電磁リレーの製造方法。

【請求項5】半導体基板のトーションバー形成部分を除いて基板の下面から上面に向けて異方性エッチングより貫通させて前記トーションバー部分で半導体基板に揺動可能に軸支される可動板を形成する工程と、可動板上面周囲に薄膜の永久磁石を形成する工程と、可動板下面側に可動接点部を形成する工程と、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺側方の半導体基板部分に電解めっきにより平面コイルを形成する工程と、下側絶縁基板の上面に前記可動接点部に接離可能な固定接点部を形

成する工程と、半導体基板の上下面に陽極接合により下面絶縁基板と少なくとも可動板上方部分を開放した上面絶縁基板とを固定する工程とからなるプレーナー型電磁リレーの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体素子製造技術を用いて製造するプレーナー型電磁リレー及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体デバイスの高集積化に代表されるマイクロエレクトロニクス的发展によって、様々な機器が高機能化と共に小型化している。産業用ロボットのような比較的大きなエネルギーを扱う制御系もその例外ではない。このような制御系では制御装置のマイクロエレクトロニクス化によって、大きなエネルギーの制御を非常に小さなエネルギーで制御するようになっている。この結果、ノイズ等による誤動作の問題が表面化し、最終段の出力デバイスとして電磁リレーの需要が増大している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来の電磁リレーは半導体と比較すれば桁違いに大きな体積を占有する。従って、機器の小型化を推進するためには、電磁リレーの小型化が必要である。そして、従来の一般的な巻線タイプの電磁リレーでは、長さ幅14mm、幅9mm、高さ5mmが世界最小である（「超薄型シグナルリレー」、松下電工技報、No.35、pp27～31（1987年）参照）。

【0004】また、最近では、更に電磁リレーの小型化を図るため、マイクロマシニング技術を用いたプレーナー型電磁リレーが提案されている（H.Hosaka, H.Kuwano and K.K.Yanagisawa "ELECTROMAGNETIC MICRORELAYS: CONCEPTS AND FUNDAMENTAL CHARACTERISTICS", Proc. IEEE MEMS Workshop 93, pp.12～17(1993)参照）。しかしながら、上記のプレーナー型電磁リレーも、コイルは従来の巻線型を用いており、小型化には限界がある。

【0005】本発明は上記の事情に鑑みなされたもので、電磁リレーのより一層の小型化を図ることを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】このため、第1の発明のプレーナー型電磁リレーでは、半導体基板に、平板状の可動板と該可動板を半導体基板に対して基板上下方向に揺動可能に軸支するトーションバーとを一体形成し、前記可動板の上面周縁部に通電により磁界を発生する平面コイルを敷設すると共に下面側に可動接点部を設ける一方、半導体基板の下面に前記可動板の接点部に対応する位置に固定接点部を設けた下側絶縁基板を設け、半導体基板の上面には少なくとも可動板上方を開放した上側絶縁基板を設け、前記トーションバーの軸方向と平行な可

動板の対辺の平面コイル部に磁界を作用させる互いに対をなす永久磁石を前記上下絶縁基板に固定する構成とした。

【0007】また、第2の発明の電磁リレーでは、半導体基板に、平板状の可動板と該可動板を半導体基板に対して基板上下方向に揺動可能に軸支するトーションバーとを一体形成し、前記可動板の上面周縁部に永久磁石を設けると共に下面側に可動接点部を設ける一方、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺側方の半導体基板部分に、通電により磁界を発生する平面コイルを設け、半導体基板の下面に前記可動板の接点部に対応する位置に固定接点部を設けた下側絶縁基板を設け、半導体基板の上側には少なくとも可動板上方を開放した上側絶縁基板を設ける構成とした。

【0008】また、前記上側絶縁基板の開放部を閉塞し、上下絶縁基板と半導体基板とで囲まれる可動板収納空間を真空状態とする構成とする。第1の発明の電磁リレーの製造方法としては、半導体基板のトーションバー形成部分を除いて基板の下面から上面に向けて異方性エッチングより貫通させて前記トーションバー部分で半導体基板に揺動可能に軸支される可動板を形成する工程と、可動板上面周囲に電解めっきにより平面コイルを形成する工程と、可動板下面側に可動接点部を形成する工程と、下側絶縁基板の上面に前記可動接点に接離可能な固定接点部を形成する工程と、半導体基板の上下面に陽極接合により下面絶縁基板と少なくとも可動板上方部分を開放した上面絶縁基板とを固定する工程と、トーションバー軸方向と平行な可動板の対辺に対応する上面絶縁基板部分と下面絶縁基板部分に永久磁石を固定する工程とからなることを特徴とする。

【0009】また、第2の発明の電磁リレーの製造方法は、半導体基板のトーションバー形成部分を除いて基板の下面から上面に向けて異方性エッチングより貫通させて前記トーションバー部分で半導体基板に揺動可能に軸支される可動板を形成する工程と、可動板上面周囲に薄膜の永久磁石を形成する工程と、可動板下面側に可動接点部を形成する工程と、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺側方の半導体基板部分に電解めっきにより平面コイルを形成する工程と、下側絶縁基板の上面に前記可動接点に接離可能な固定接点部を形成する工程と、半導体基板の上下面に陽極接合により下面絶縁基板と少なくとも可動板上方部分を開放した上面絶縁基板とを固定する工程とからなることを特徴とする。

【0010】

【作用】かかる構成によれば、半導体素子製造プロセスを利用して半導体基板に可動部を形成すると共に、可動板に平面コイルを形成するようにしたので、コイル部分を、薄型化及び小型化することができ、従来の巻線型に比べて格段に電磁リレーの小型化を図ることができる。

【0011】更に、可動板の収納空間を真空封止するよ

うにすれば、可動板の揺動抵抗をなくすることができるようになり、電磁リレーの応答性を高めることができる。

【0012】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1～図4に第1の発明に係るプレーナ型電磁リレーの第1実施例の構成を示す。図において、本実施例の電磁リレー1は、半導体基板であるシリコン基板2の上下面に、それぞれ例えばホウケイ酸ガラス等からなる上側及び下側絶縁基板としての上側及び下側ガラス基板3、4を陽極接合した3層構造となっている。そして、前記上側ガラス基板3は、後述する可動板5上方部分を開放するよう、例えば超音波加工等によって開口部3aが設けられている。

【0013】前記シリコン基板2には、平板状の可動板5と、この可動板5の中心位置でシリコン基板2に対して基板上下方向に揺動可能に可動板5を軸支するトーションバー6、6とが異方性エッチングによって一体形成されている。従って、可動板5及びトーションバー6もシリコン基板と同一材料からなっている。前記可動板5の上面周縁部には、図3に示すように、通電により磁界を発生する銅薄膜からなる平面コイル7が絶縁被膜で覆われて設けられている。ここで、コイルは抵抗分によってジュール熱損失があり抵抗の大きな薄膜コイルを高密度に実装すると発熱により駆動力が制限されることから、本実施例では、従来公知の電解めっきによる電鍍コイル法によって前記平面コイル7を形成してある。電鍍コイル法は、基板上にスパッタで薄いニッケル層を形成し、このニッケル層の上に銅電解めっきを行って銅層を形成し、コイルに相当する部分を除いて銅層及びニッケル層を除去することで、銅層とニッケル層からなる薄膜の平面コイルを形成するもので、薄膜コイルを低抵抗で高密度に実装できる特徴があり、マイクロ磁気デバイスの小型化・薄型化に有効である。また、可動板5の下面側の両側には、図4に示すように、コ字上の電気配線8、8が設けられ、これら各電気配線8、8のそれぞれの端部上面には、例えば金、白金等の可動接点9、9が設けられている。

【0014】更に、下側ガラス基板4の上面には、電気配線10、10が図3の二点鎖線で示すようなパターンで形成されており、この電気配線10、10上面の前記可動接点9、9に対応する位置に、同じく金、白金等からなる固定接点11、11が設けられている。前記電気配線10、10は、図2に示すように、下側ガラス基板4に設けた貫通穴部分を介して下側ガラス基板4の下面側に引き出されている。

【0015】シリコン基板2のトーションバー6、6の側方上面には、トーションバー6、6の部分を介して平面コイル7と電氣的に接続する一対の電極端子12、12が設けられており、この電極端子12、12は、シリコン基板2上に電鍍コイル法により平面コイル7と同時に

形成される。上側及び下側ガラス基板3の図1中左右側には、前記トーションバー6、6の軸方向と平行な可動板5の対辺の平面コイル7部分に磁界を作用させる互いに対をなす円形状の永久磁石13A、13Bと14A、14Bが設けられている。互いに対をなす一方の各3個ずつの永久磁石13A、13Bは、図2に示すように、下側がN極、上側がS極となるよう設けられ、互いに対をなす他方の各3個ずつの永久磁石14A、14Bは、図2に示すように、下側がS極、上側がN極となるよう設けられている。

【0016】次に動作を説明する。例えば、一方の電極端子12を+極、他方の電極端子12を一極として平面コイル7に電流を流す。可動板5の両側では、永久磁石13Aと13B、14Aと14Bによって、図2の矢印で示すように上下の磁石間で可動板5の平面に沿って平面コイル7を横切るような方向に磁界が形成されており、この磁界中の平面コイル7に電流が流れると、平面コイル7の電流密度と磁束密度に応じて平面コイル7、*

$$\phi = (M_x / G I_p) = (F' L / 8.5 \times 10^9 r') \times l_i \dots (3)$$

ここで、 M_x は振りモーメント、 G は横弾性係数、 I_p は極断面二次モーメントである。また、 L 、 l_i 、 r は、それぞれ、トーションバーの中心軸から力点までの距離、トーションバーの長さ、トーションバーの半径であり、図5に示してある。

【0019】そして、前記磁気力 F とばね反力 F' が釣り合う位置まで可動板5が回転する。従って、(3)式の F' に(2)式の F を代入することにより、可動板5の変位角 ϕ は平面コイル7に流れる電流 i に比例することが判る。従って、可動板5下面の可動接点9、9が、トーションバー6のばね力に打ち勝って下側ガラス基板4上面の固定接点11、11に圧接するのに十分な電流を平面コイル7に流せば、可動板5の回転で可動接点9、9と固定接点11、11を接触させることができる。そして、平面コイル7に流す電流の方向の切り換え又は電流をON/OFFすることで、接点の切り換え又※

$$B_n = \frac{Br}{2\pi} \int_{-d/2}^{d/2} \frac{z[(d/2)^2 - y^2]^{1/2} dy}{[(y-y_0)^2 + z^2][(d/2)^2 + z^2 + y_0^2 - 2y_0y]^{1/2}} \dots (4)$$

【0023】

★40★【数2】

$$B_s = \frac{Br}{2\pi} \int_{-d/2}^{d/2} \frac{(z+l)[(d/2)^2 - y^2]^{1/2} dy}{[(y-y_0)^2 + (z+l)^2][(d/2)^2 + (z+l)^2 + y_0^2 - 2y_0y]^{1/2}} \dots (5)$$

【0024】 $B = B_n + B_s \dots (6)$

ここで、【数1】、【数2】の各式において、 Br は永久磁石の残留磁束密度、 x 、 y 、 z は永久磁石の周りの空間の任意の点を表す座標、 l は永久磁石のN極面とS極面との距離、 d は各極面の半径である。例えば、半径

* 言い換えれば可動板5の両端に、電流・磁束密度・力のフレミングの左手の法則に従った方向(図5に示す)に磁気力 F が作用し、この力はローレンツ力から求められる。

【0017】この磁気力 F は、平面コイル7に流れる電流密度を i 、永久磁石13A、13Bと14A、14Bによる磁束密度を B とすると、下記の(1)式で求められる。

$$F = i \times B \dots (1)$$

10 実際には、平面コイル7の巻数 n と、磁気力 F が働くコイル長 w (図5中に示す)により異なり、下記の(2)式のようになる。

$$【0018】 F = nw(i \times B) \dots (2)$$

一方、可動板5が回転することによりトーションバー6、6が捩じられ、これによって発生するトーションバー6、6のばね反力 F' と可動板5の変位角 ϕ の関係は、下記の(3)式のようになる。

20※は電流の通電/遮断を制御することができる。

【0020】次に、本実施例の電磁リレーにおける永久磁石による磁束密度分布の計算結果について説明する。図6は、本実施例に使用した円柱状の永久磁石の磁束密度分布計算モデルを示し、永久磁石のN極とS極それぞれの表面を微小領域 dy に分割し、求める点の磁束を計算した。

【0021】N極表面で形成される磁束密度を B_n 、S極表面で形成される磁束密度を B_s とすると、これらは円柱状の永久磁石による磁束密度分布の計算式から【数1】、【数2】の各(4)、(5)式によって求めることができ、任意の点における磁束密度 B は、 B_n と B_s を合成したものになり、(6)式で示される。

【0022】

【数1】

1mm、高さ1mm、残留磁束密度0.85TのSm-Co永久磁石DIANET DM-18(商品名、セイコー電子部品製)を用いて、図7に示すように配置した永久磁石の表面に垂直な面 a の磁束密度分布を計算した結果を図8に示す。

【0025】図7のように配置した場合には、磁石間の空間は、略0.3 T以上の磁束密度となっている。次に、可動板5の変位量の計算結果について説明する。可動板5に形成する平面コイル7の幅を100 μm 、巻数を14、可動板5の厚さを20 μm とし、トーションバー6の半径を25 μm 、長さを1mm、可動板5の幅を4mm、長さを5mmとして、(2)式と(3)式から求めた。尚、磁束密度は、前述の磁束密度分布計算で得られた0.3 Tを使用した。

【0026】その結果、図9の(A)及び(B)図から電流1.5 mAで2度の変位角が得られることがわかる。尚、(C)は電流と発生する熱量Qとの関係を示すもので、この時の単位面積当たりの発生熱量は13 $\mu\text{ワット}/\text{cm}^2$ となった。次に、発熱量と放熱の関係について説明する。発熱量はコイルの抵抗で発生するジュール熱であり、従って、単位時間当たりに発生する熱量Qは下記の(7)式によって表される。

$$【0027】Q = i^2 R \quad \dots (7)$$

ここで、iはコイルに流れる電流、Rはコイルの抵抗である。発熱量対流による放熱量Qcは下記の(8)式で表される。

$$Q_c = h S \Delta T \quad \dots (8)$$

ここで、hは熱伝達係数(空気は $5 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-2}$ [ワット/ $\text{cm}^2 \cdot ^\circ\text{C}$])、Sは素子の表面積、 ΔT は素子表面と空気との温度差である。

【0028】発熱部となる可動板の面積を20mm²(4×5)とすると、(8)式は、

$$Q_c = 1.0 \Delta T \text{ [mワット/}^\circ\text{C]} \quad \dots (8)' \quad *$$

$$\Delta Y = (1/2) (4 l_1^3 f / E b t^3) \quad \dots (11)$$

ここで、Eはシリコンのヤング率である。また、可動板の重さfは下記の(12)式で表される。

$$f = W L_1 t \rho g \quad \dots (12)$$

ここで、 ρ は可動板の体積密度、gは重力加速度である。

【0033】また、可動板の撓み量 ΔX は、同じく片持ち梁の撓み量の計算方法を用いて、下記の(13)式のようになる。

$$\Delta X = 4 (L_1/2)^3 F / E W t^3 \quad \dots (13)$$

ここで、Fは可動板の端に作用する磁気力である。そして、前記磁気力Fは(2)式のコイル長wを可動板の長さWと見做して求める。

【0034】これら、トーションバーの撓み量と可動板の撓み量の計算結果を〔表1〕に示す。尚、可動板の撓み量は、磁気力Fを30 μN として計算したものである。

【0035】

〔表1〕

*となり、数十 $\mu\text{ワット}/\text{cm}^2$ 程度の発熱量ならば素子の温度上昇の問題は無視できることがわかる。尚、参考まで、放射による放熱量Qrは下記の(9)式で表される。

$$【0029】Q_r = \varepsilon S \sigma T^4 \quad \dots (9)$$

ここで、 ε は放射率(黒体は $\varepsilon = 1$ 一般に $\varepsilon < 1$)、Sは素子の表面積、 σ はステファンボルツマン定数($\pi^2 k^4 / 60 h^3 c^2$)、Tは素子の表面温度である。また、トーションバーからの伝導による放熱量Qaは下記の(10)式で表される。

【0030】

$$Q_a = 2 \lambda (S / l_1) \Delta T \quad \dots (10)$$

ここで、 λ は熱伝導率(シリコンは84ワット/mK)、Sはトーションバーの断面積、 l_1 はトーションバーの長さ、 ΔT はトーションバーの両端の温度差である。トーションバーの半径を25 μm 、長さを1mmとすると(10)式は、

$$Q_a = 0.1 \Delta T \text{ [mワット/}^\circ\text{C]} \quad \dots (10)'$$

となる。

【0031】次にトーションバーの可動板自重による撓みと、電磁力による可動板の撓みについて説明する。図10にこれらの計算モデルを示す。トーションバーの長さを l_1 、トーションバーの幅をb、可動板の重さをf、可動板の厚さをt、可動板の幅をW、可動板の長さを l_2 とすると、トーションバーの撓み量 ΔY は、片持ち梁の撓み量の計算方法を用いて、下記の(11)式のようになる。

【0032】

トーションバーと可動板の撓み量の計算結果

W	6 mm	6 mm	6 mm
L_1	13mm	13mm	13mm
t	50 μm	50 μm	100 μm
b	50 μm	50 μm	50 μm
l_1	0.5mm	1.0mm	1.0mm
f	89 μN	89 μN	178 μN
ΔY	0.022 μm	0.178 μm	0.356 μm
ΔX	0.125 μm	0.125 μm	0.016 μm

【0036】上記の〔表1〕から明らかなように、幅50 μm 、長さ1.0 mmのトーションバーの場合、幅6 mm、長さ1.3 mm、厚さ50 μm の可動板による撓み量 ΔY は、0.178 μm であり、可動板の厚さを倍の100 μm としても、撓み量 ΔY は、0.356 μm である。また、幅6 mm、長さ1.3 mm、厚さ50 μm の可動板の場合、磁気力による撓み量 ΔX は、0.125 μm であり、可動板両端の変位量を200 μm 程度とすれば、本実施例の電磁リレーの特性には何ら影響はない。

50 【0037】以上説明したように、本実施例の電磁リレー

ーでは、コイルの発熱による影響も無視でき、また、可動板 5 の揺動特性も何ら問題はなく、従来と同様の機能を発揮することができる。そして、半導体素子の製造プロセスを利用して接点可動部やコイル等を形成することによって、従来に比べて格段に超小型で薄型の電磁リレーとすることができる。このため、最終段の出力を電磁リレーで制御する制御システムの小型化を図ることができる。また、半導体素子の製造プロセスで製造することで、大量生産が可能となる。

【0038】次に上記第 1 実施例の電磁リレーの製造工程を、図 11～図 14 を参照しながら説明する。まず、図 11 及び図 12 にシリコン基板の加工工程を示す。厚さ 300 μm のシリコン基板 101 の上下面を熱酸化して酸化膜 (1 μm) 102 を形成する (a 工程)。

【0039】次に、裏面側にホトリソグラフにより貫通穴のパターンを形成し、貫通穴部分の酸化膜をエッチング除去し (b 工程)、更に、可動板形成部の酸化膜を厚さ 0.5 μm まで除去する (工程 c)。次に、表面側にワックス層 103 を設けた後、貫通穴部分に異方性エッチングを 100 μm 行う (工程 d)。

【0040】裏面側の可動板部分の薄い酸化膜を除去し (工程 e)、貫通穴と可動板部分に異方性エッチングを 100 μm 行う (工程 f)。次に、貫通穴部分で囲まれた可動板裏面に相当するシリコン基板部分に、電気配線部分を残してマスクし、例えばニッケル或いは銅のスパッタを行ってコ字状の電気配線 8、8 を形成し、更に、可動接点部分を除いてマスクし、金或いは白金の層を例えば蒸着等によって形成し可動接点 9、9 を形成する (工程 g)。

【0041】次に、表面側のワックス層 103 を除去し、表面側の酸化膜 102 上に、従来公知の電鍍コイル法によって平面コイル、電極端子部 (図示せず) を形成する。電鍍コイル法は、シリコン基板 101 の表面側にニッケルのスパッタを行ってニッケル層を形成し、銅電解めっきを行って銅層を形成する。次にポジ型のレジストで平面コイル及び電極端子に相当する部分をマスクし、銅エッチング、ニッケルエッチングを順次行い、エッチング後、レジストを除去し、更に、銅電解めっきを行ってニッケル層の全周を銅で覆い平面コイル及び電極端子に相当する銅層を形成する。次に、銅層を除いた部分にネガ型のメッキレジストを塗布した後、銅電解めっきを行って銅層を厚くして、平面コイル及び電極端子を形成する。そして、平面コイル部分を例えば感光性ポリイミド等の絶縁層で覆う。平面コイルを 2 層にする場合は、再度ニッケルのスパッタ工程から絶縁層形成までの工程を繰り返して行えばよい (工程 h)。

【0042】次に、表面側にワックス層 103' を設け、可動板裏面部分をマスクした後、貫通穴部分に異方性エッチングを 100 μm 行い、貫通穴部分を貫通させ、可動板部分を除いてワックス層 103' を除去する。この際

に、上下の酸化膜 102 も除去する。これにより、可動板 5 とトーションバー (図示せず) が形成され、図 1 のシリコン基板 2 が形成される (工程 i, j)。

【0043】以上で、シリコン基板 2 の可動板 5 及びトーションバーが一体に形成される。その後、可動板部分のワックス層を除去した後、シリコン基板 2 の上下面に上側ガラス基板 3 と下側ガラス基板 4 をそれぞれ陽極接合によって結合し、上下のガラス基板 3、4 の所定位置に永久磁石 10A、10B と 11A、11B を取付ければよい。

【0044】次に、図 13 及び図 14 を参照しながら上下ガラス基板の加工工程を説明する。まず、上側ガラス基板 3 は、例えば超音波加工により可動板上方部分に相当する位置に穴を開け、開口部 3a を形成すればよい (工程 a)。

一方、下側ガラス基板 4 では、まず、電解放電加工によってスルーホール用の貫通穴 4a、4a をガラス基板 4 の裏面側から形成する (工程 b)。

【0045】そして、下側ガラス基板 4 の両面に、例えば、ニッケル或いは銅のスパッタを行い、金属層 104 を形成する (工程 c)。次に、貫通穴 4a を含む電気配線部分をマスクし、その他の部分をエッチングして金属層 104 を除去することで、電気配線 10、10 を形成する (工程 d)。次に、ガラス基板 4 の表面側にリフトオフ用に、ホトリソグラフにより固定接点のパターンを形成して固定接点部を除いてレジスト 105 を塗布する (工程 e)。

【0046】次に、ガラス基板 4 表面側の全面に金或いは白金の蒸着により蒸着層 106 を形成する (工程 f)。次に、レジストを除去することで、固定接点部を除く他の部分の蒸着層 106 を除去し、固定接点 11、11 を形成する (工程 g)。次に第 1 の発明に係る電磁リレーの第 2 実施例を図 15 に示す。尚、第 1 実施例と同一要素には同一符号を付して説明を省略する。

【0047】図において、本実施例の電磁リレー 21 は、シリコン基板 2 及び下側ガラス基板 4 の構成は、第 1 実施例と同様であるが、上側ガラス基板 3' の構成が異なる。即ち、上側ガラス基板 3' は、第 1 実施例の上側ガラス基板 3 の開口部 3a に相当する部分を、放電加工等によって溝 3A' として閉塞する構成としてある。そして、シリコン基板 2 の上下面に、上側ガラス基板 3' と下側ガラス基板 4 を陽極接合によって結合して、可動板 5 の揺動空間を密閉する構成としている。更に、この密閉空間を真空雰囲気にして電磁リレー 21 を駆動させる。

【0048】かかる構成によれば、可動板 5 が回転する際の空気抵抗がなくなるため、可動板の応答性を向上できる。そして、シリコン基板 2 に上下のガラス基板 3'、4 を結合する際に、接着剤を用いるとガスが可動板の揺動空間に侵入する虞れがあるが、本実施例のように陽極接合を用いればその心配はない。また、可動板

5の揺動空間を真空封止する際に、空間内に硫化フッ素(SF₆)を封入することで、絶縁耐圧が向上する。

【0049】次に、図16に第2の発明に係る電磁リレーの実施例を示し説明する。尚、上記の各実施例と同一要素には同一符号を付して説明を省略する。図16において、本実施例の電磁リレー31では、可動板5側に、平面コイルに代えて薄膜の永久磁石32を設ける。一方、シリコン基板2のトーションバー6、6の軸方向と平行な可動板5の対辺側方の部分に、通電により磁界を発生する平面コイル7A、7Bを設ける。また、上側ガラス基板3'は、図15に示すものと同様で溝3A'を有し閉塞された構成である。尚、本実施例では棒状に永久磁石を設けたが、平面コイルと対応する辺だけに永久磁石を設けるようにしてもよい。

【0050】かかる構成のように、薄膜の永久磁石32を可動板5側に設け、平面コイル7A、7Bをシリコン基板2側に設けるようにしても、上述の各実施例と同様に動作させることができる。更に、可動板5側にコイルを設けていないので、発熱に関する問題は生じない。また、薄膜の磁石を用いているので、可動板5の動作が鈍くなくなると言うことはなく、可動板5だけの封止も可能である。そして、可動板5の揺動空間を真空封止すれば、図15に示す実施例と同様で可動板5の応答性が良好となる。

【0051】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、コイルを従来の巻線型ではなく半導体素子製造技術を用いて形成する構成としたので、従来の巻線型コイルを用いる電磁リレーに比較して格段に小型化及び薄型化することができる。従って、電磁リレーを使用する制御系のシステムの集積化及び小型化を図ることができる。

【0052】また、可動板の揺動空間を密閉空間として真空封止する構成とすれば、空気抵抗をなくすことができ、可動板の応答性を向上でき、リレー応答性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の本発明に係る電磁リレーの第1実施例を*

*示す構成図

【図2】同上第1実施例の拡大縦断面図

【図3】同上第1実施例の可動板の上面側の拡大斜視図

【図4】同上第1実施例の可動板の下面側の拡大斜視図

【図5】同上第1実施例のガルバノミラーの動作原理を説明する図

【図6】同上第1実施例の永久磁石による磁束密度分布の計算モデル図

【図7】計算した磁束密度分布位置を示す図

【図8】図7に示す位置の磁束密度分布の計算結果を示す図

【図9】可動板の変位量と電流量との計算結果を示すグラフ

【図10】トーションバー及び可動板の撓み量の計算モデル図

【図11】同上第1実施例のシリコン基板の加工工程の説明図

【図12】図11に続くシリコン基板の加工工程の説明図

【図13】同上第1実施例のガラス基板の加工工程の説明図

【図14】図13に続くガラス基板の加工工程の説明図

【図15】第1の発明に係る電磁リレーの第2実施例の構成を示す斜視図

【図16】第2の発明に係る電磁リレーの実施例の構成を示す斜視図

【符号の説明】

1, 21, 31 電磁リレー

2 シリコン基板

3, 3' 上側ガラス基板

4 下側ガラス基板

5 可動板

6 トーションバー

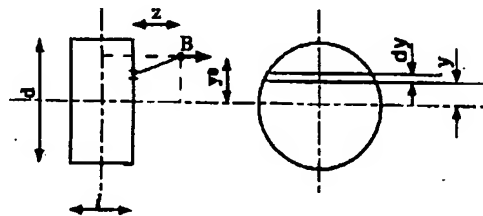
7 平面コイル

9 可動接点

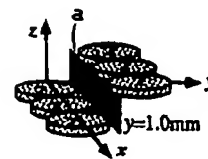
11 固定接点

13A, 13B, 14A, 14B, 32 永久磁石

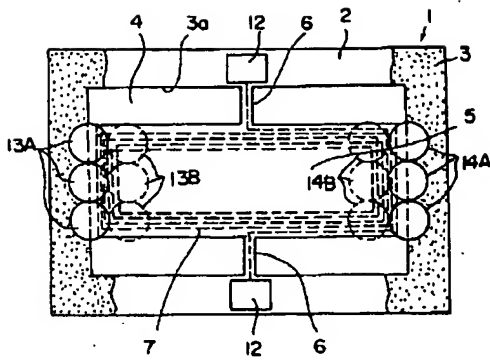
【図6】



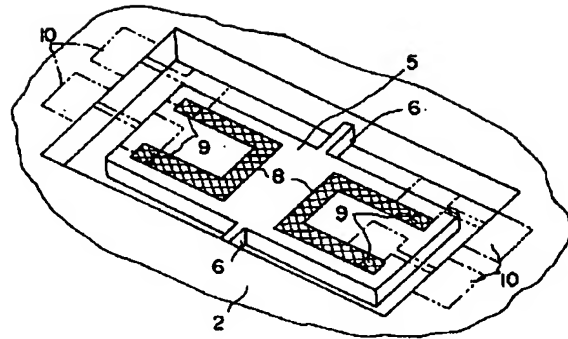
【図7】



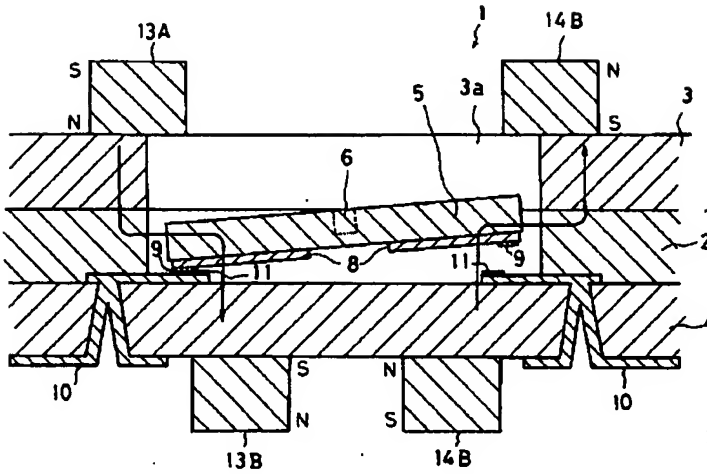
【図1】



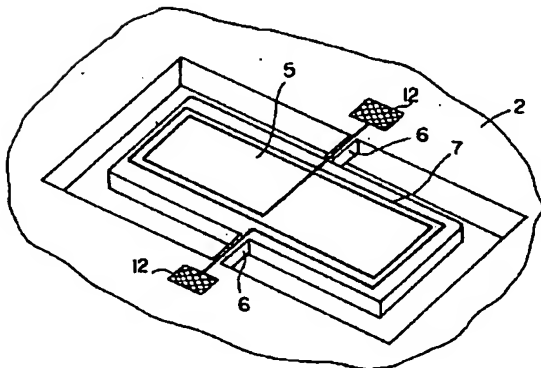
【図4】



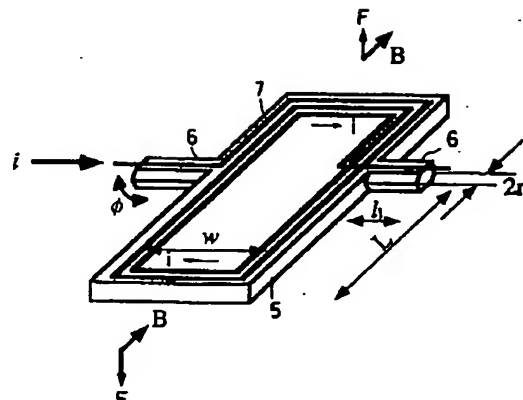
【図2】



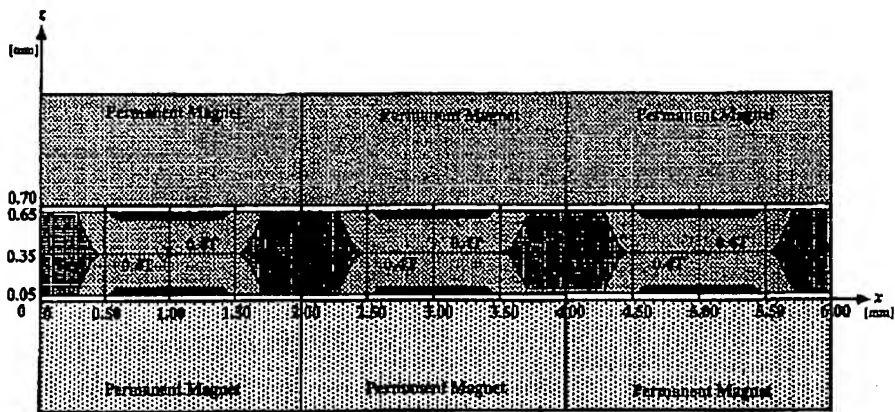
【図3】



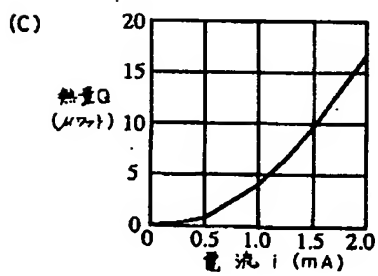
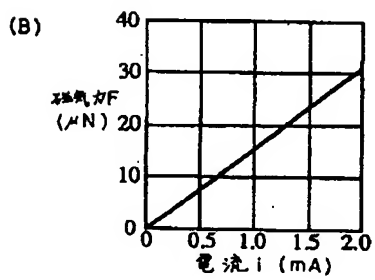
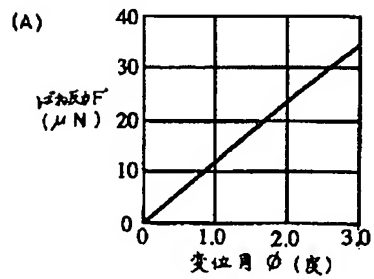
【図5】



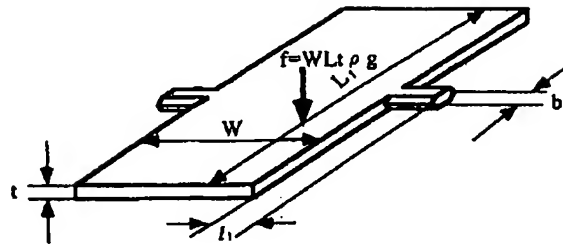
【図8】



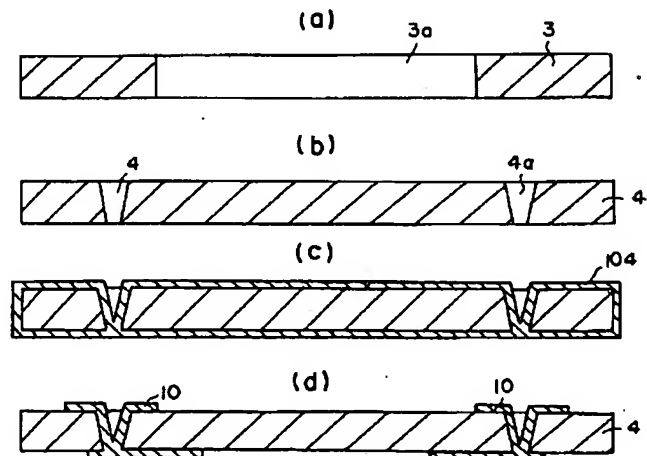
【図9】



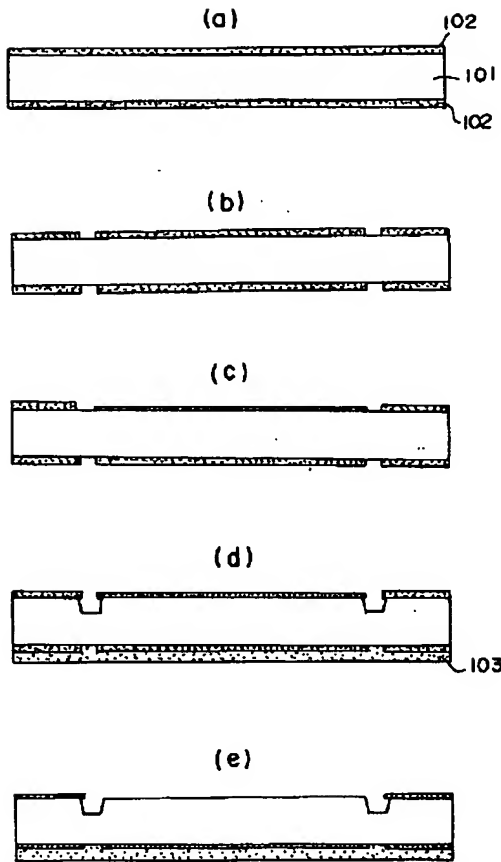
【図10】



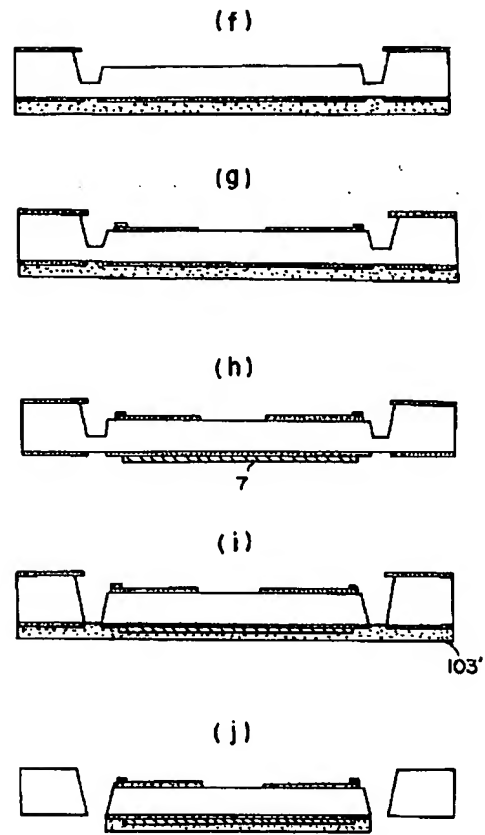
【図13】



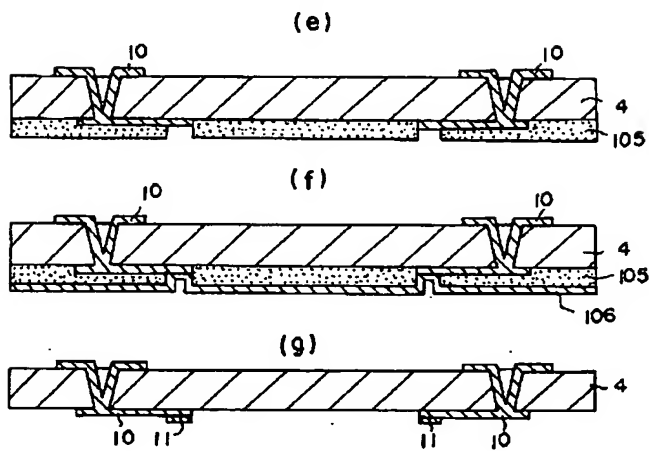
【図11】



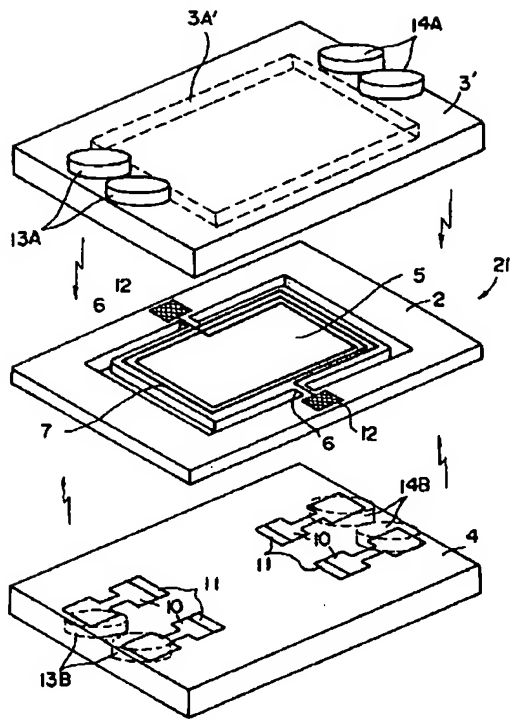
【図12】



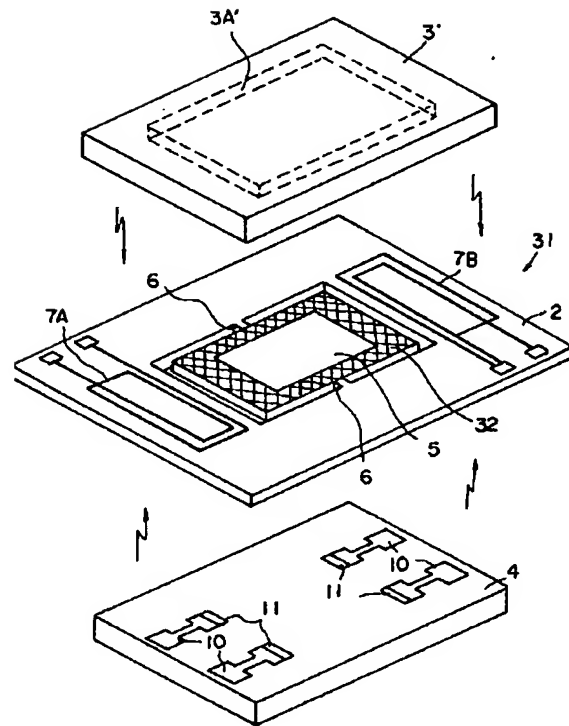
【図14】



【図15】



【図16】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第7部門第1区分
 【発行日】平成13年2月23日(2001.2.23)

【公開番号】特開平7-176255
 【公開日】平成7年7月14日(1995.7.14)
 【年通号数】公開特許公報7-1763
 【出願番号】特願平5-320525
 【国際特許分類第7版】

H01H 51/24
 49/00

【F I】

H01H 51/24 B
 49/00 J

【手続補正書】

【提出日】平成12年5月30日(2000.5.30)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板に、平板状の可動板と該可動板を半導体基板に対して揺動可能に軸支するトーションバーとを一体形成し、前記可動板の周縁部に通電により磁界を発生する平面コイルを敷設すると共に可動接点部を設ける一方、前記可動板の可動接点部に接離可能な固定接点部を設け、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺の平面コイル部に静磁界を与える磁界発生手段を備える構成としたことを特徴とするプレーナー型電磁リレー。

【請求項2】前記磁界発生手段は、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺の平面コイル部のみに静磁界を与える構成である請求項1に記載のプレーナー型電磁リレー。

【請求項3】前記磁界発生手段は、前記可動板に対して上下に配置して、前記可動板平面に沿う静磁界を発生させる構成とした請求項1又は2に記載のプレーナー型電磁リレー。

【請求項4】前記磁界発生手段は、前記可動板に対して上下に配置し、且つ位置をずらして、前記可動板平面に沿う静磁界を発生させる構成とした請求項1又は2に記載のプレーナー型電磁リレー。

【請求項5】半導体基板の上下面に上側基板と下側基板を設け、上側及び下側の基板にそれぞれ前記磁界発生手段を固定する構成とした請求項3又は4に記載のプレーナー型電磁リレー。

【請求項6】前記磁界発生手段は、永久磁石である請求

項1～5のいずれか1つに記載のプレーナー型電磁リレー。

【請求項7】半導体基板に、平板状の可動板と該可動板を半導体基板に対して揺動可能に軸支するトーションバーとを一体形成し、前記可動板の周縁部に磁界発生手段を設けると共に可動接点部を設ける一方、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺側方の半導体基板部分に、通電により磁界を発生する平面コイルを設け、前記可動板の可動接点部に接離可能な固定接点部を設ける構成としたことを特徴とするプレーナー型電磁リレー。

【請求項8】前記磁界発生手段は、薄膜の永久磁石である請求項7に記載のプレーナー型電磁リレー。

【請求項9】半導体基板の上下面に上側基板と下側基板を設ける構成とした請求項7又は8に記載のプレーナー型電磁リレー。

【請求項10】前記上側基板と下側基板で可動板収納空間を閉塞し、この可動板収納空間を真空状態とする構成とした請求項5又は9に記載のプレーナー型電磁リレー。

【請求項11】前記上側基板及び下側基板が、絶縁基板である請求項10に記載のプレーナー型電磁リレー。

【請求項12】半導体基板のトーションバー形成部分を除いて基板の下面から上面に向けて貫通させて前記トーションバー部分で半導体基板に揺動可能に軸支される可動板を形成する工程と、可動板周囲に平面コイルを形成する工程と、可動板に可動接点部を形成する工程と、前記可動接点に接離可能な固定接点部を形成する工程と、トーションバー軸方向と平行な可動板の対辺に対応する位置に磁界発生手段を固定する工程とからなるプレーナー型電磁リレーの製造方法。

【請求項13】前記磁界発生手段を固定する工程は、磁界発生手段を、可動板に対して上下に配置して、可動板平面に沿う静磁界を発生させるように固定する請求項1

2に記載のプレーナー型電磁リレーの製造方法。

【請求項14】前記磁界発生手段を固定する工程は、磁界発生手段を、可動板に対して上下に配置し、且つ位置をずらして、可動板平面に沿う静磁界を発生させるように固定する請求項12に記載のプレーナー型電磁リレーの製造方法。

【請求項15】半導体基板のトーションバー形成部分を除いて基板の下面から上面に向けて貫通させて前記トーションバー部分で半導体基板に揺動可能に軸支される可動板を形成する工程と、可動板周囲に磁界発生手段を形成する工程と、可動板に可動接点部を形成する工程と、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺側方の半導体基板部分に平面コイルを形成する工程と、前記可動接点に接離可能な固定接点部を形成する工程とからなるプレーナー型電磁リレーの製造方法。

【請求項16】前記可動板形成工程は、異方性エッチングを用いる請求項12～15のいずれか1つに記載のプレーナー型電磁リレーの製造方法。

【請求項17】前記平面コイル形成工程は、電解めっきにより平面コイルを形成する請求項12～16のいずれか1つに記載のプレーナー型電磁リレーの製造方法。

【請求項18】半導体基板の上下面に上側基板と下側基板とを固定する工程を有する請求項12～17のいずれか1つに記載のプレーナー型電磁リレーの製造方法。

【請求項19】前記上側及び下側基板の固定工程は、陽極接合を用いて行う請求項18に記載のプレーナー型電磁リレーの製造方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正内容】

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来の電磁リレーは半導体と比較すれば桁違いに大きな体積を占有する。従って、機器の小型化を推進するためには、電磁リレーの小型化が必要である。そして、従来の一般的な巻線タイプの電磁リレーでは、長さ14mm、幅9mm、高さ5mmが世界最小である（「超薄型シグナルリレー」、松下電工技報、No.35、pp27～31（1987年）参照）。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正内容】

【0006】

【課題を解決するための手段】このため、第1の発明のプレーナー型電磁リレーでは、半導体基板に、平板状の可動板と該可動板を半導体基板に対して揺動可能に軸支

するトーションバーとを一体形成し、前記可動板の周縁部に通電により磁界を発生する平面コイルを敷設すると共に可動接点部を設ける一方、前記可動板の可動接点部に接離可能な固定接点部を設け、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺の平面コイル部に静磁界を与える磁界発生手段を備える構成とした。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】前記磁界発生手段は、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺の平面コイル部のみに静磁界を与える構成とする。具体的には、磁界発生手段を、前記可動板に対して上下に配置する。更には、磁界発生手段を、前記可動板に対して上下に配置し、且つ位置をずらして、前記可動板平面に沿う静磁界を発生させるようにするとよい。このような場合、半導体基板の上下面に上側基板と下側基板を設け、上側及び下側の基板にそれぞれ前記磁界発生手段を固定する構成とする。前記磁界発生手段は、永久磁石とする。また、第2の発明の電磁リレーでは、半導体基板に、平板状の可動板と該可動板を半導体基板に対して揺動可能に軸支するトーションバーとを一体形成し、前記可動板の周縁部に磁界発生手段を設けると共に可動接点部を設ける一方、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺側方の半導体基板部分に、通電により磁界を発生する平面コイルを設け、前記可動板の可動接点部に接離可能な固定接点部を設ける構成とした。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】前記磁界発生手段は、薄膜の永久磁石とする。また、半導体基板の上下面に上側基板と下側基板を設ける構成とした。更に、前記上側基板と下側基板で可動板収納空間を閉塞し、この可動板収納空間を真空状態とする。前記上側基板及び下側基板を、絶縁基板とする。第1の発明の電磁リレーの製造方法としては、半導体基板のトーションバー形成部分を除いて基板の下面から上面に向けて貫通させて前記トーションバー部分で半導体基板に揺動可能に軸支される可動板を形成する工程と、可動板周囲に平面コイルを形成する工程と、可動板に可動接点部を形成する工程と、前記可動接点に接離可能な固定接点部を形成する工程と、トーションバー軸方向と平行な可動板の対辺に対応する位置に磁界発生手段を固定する工程とからなることを特徴とする。また、前記磁界発生手段を固定する工程は、磁界発生手段を、可動板に対して上下に配置して、可動板平面

に沿う静磁界を発生させるように固定するとよく、更に、磁界発生手段を、可動板に対して上下に配置し、且つ位置をずらして、可動板平面に沿う静磁界を発生させるように固定するとよい。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】また、第2の発明の電磁リレーの製造方法は、半導体基板のトーションバー形成部分を除いて基板の下面から上面に向けて貫通させて前記トーションバー部分で半導体基板に揺動可能に軸支される可動板を形成する工程と、可動板周囲に磁界発生手段を形成する工程と、可動板に可動接点部を形成する工程と、前記トーションバーの軸方向と平行な可動板の対辺側方の半導体基板部分に平面コイルを形成する工程と、前記可動接点に接離可能な固定接点部を形成する工程とからなることを特徴とする。前記可動板形成工程は、異方性エッチングを用いるとよい。また、前記平面コイル形成工程は、電解めっきにより平面コイルを形成するとよい。また、半導体基板の上下面に上側基板と下側基板とを固定する工程を有する。この上側及び下側基板の固定工程は、陽極接合を用いて行うとよい。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】前記シリコン基板2には、平板状の可動板5と、この可動板5の中心位置でシリコン基板2に対して基板上下方向に揺動可能に可動板5を軸支するトーションバー6、6とが異方性エッチングによって一体形成されている。従って、可動板5及びトーションバー6もシリコン基板と同一材料からなっている。前記可動板5の上面周縁部には、図3に示すように、通電により磁界を発生する銅薄膜からなる平面コイル7が絶縁被膜で覆われて設けられている。ここで、コイルは抵抗分によってジュール熱損失があり抵抗の大きな薄膜コイルを高密度に実装すると発熱により駆動力が制限されることから、本実施例では、従来公知の電解めっきによる電鍍コイル法によって前記平面コイル7を形成してある。電鍍コイル法は、基板上にスパッタで薄いニッケル層を形成し、このニッケル層の上に銅電解めっきを行って銅層を形成し、コイルに相当する部分を除いて銅層及びニッケル層を除去することで、銅層とニッケル層からなる薄膜の平面コイルを形成するもので、薄膜コイルを低抵抗で高密度に実装できる特徴があり、マイクロ磁気デバイスの小型化・薄型化に有効である。また、可動板5の下面側の両側には、図4に示すように、コ字状の電気配線

8、8が設けられ、これら各電気配線8、8のそれぞれの端部上面には、例えば金、白金等の可動接点9、9が設けられている。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】更に、下側ガラス基板4の上面には、電気配線10、10が図4の二点鎖線で示すようなパターンで形成されており、この電気配線10、10上面の前記可動接点9、9に対応する位置に、同じく金、白金等からなる固定接点11、11が設けられている。前記電気配線10、10は、図2に示すように、下側ガラス基板4に設けた貫通穴部分を介して下側ガラス基板4の下面側に引き出されている。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】シリコン基板2のトーションバー6、6の側方上面には、トーションバー6、6の部分を介して平面コイル7と電気的に接続する一対の電極端子12、12が設けられており、この電極端子12、12は、シリコン基板2上に電鍍コイル法により平面コイル7と同時に形成される。上側及び下側ガラス基板3、4の図1中左右側には、前記トーションバー6、6の軸方向と平行な可動板5の対辺の平面コイル7部分に磁界を作用させる互いに対をなす円形状の永久磁石13A、13Bと14A、14Bが設けられている。互いに対をなす一方の各3個ずつの永久磁石13A、13Bは、図2に示すように、下側がN極、上側がS極となるよう設けられ、互いに対をなす他方の各3個ずつの永久磁石14A、14Bは、図2に示すように、下側がS極、上側がN極となるよう設けられている。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正内容】

【0029】 $Q_r = \varepsilon S \sigma T^4 \cdots (9)$

ここで、 ε は輻射率（黒体は $\varepsilon = 1$ で一般には $\varepsilon < 1$ ）、 S は素子の表面積、 σ はステファンボルツマン定数（ $\pi^2 k^4 / 60 h^3 c^2$ ）、 T は素子の表面温度である。また、トーションバーからの伝導による放熱量 Q_a は下記の(10)式で表される。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0043

【補正方法】変更

【補正内容】

【0043】以上で、シリコン基板2に可動板5及びトーションバーが一体に形成される。その後、可動板部分のワックス層を除去した後、シリコン基板2の上下面に上側ガラス基板3と下側ガラス基板4をそれぞれ陽極接合によって結合し、上下のガラス基板3、4の所定位置に永久磁石13A、13Bと14A、14Bを取付けばよい。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図5】同上第1実施例の重磁リレーの動作原理を説明する図

【手続補正13】

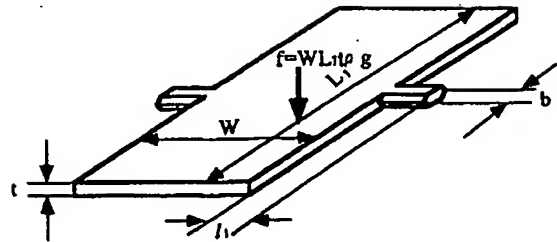
【補正対象書類名】図面

*【補正対象項目名】図10

【補正方法】変更

【補正内容】

【図10】



【手続補正14】

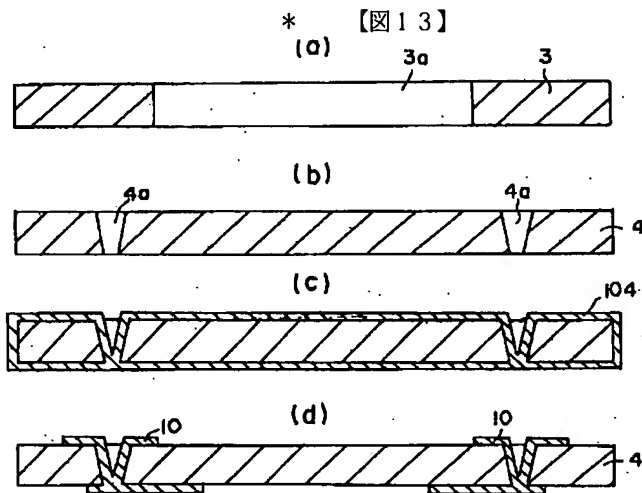
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図13

【補正方法】変更

【補正内容】

【図13】



【手続補正15】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図15

【補正方法】変更

【補正内容】

【図15】

